



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



FACULDADE DE
MEDICINA
LISBOA

TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Cirurgia Robótica em ORL

-uma abordagem ao sistema Da Vinci

Hugo Alexandre Alves de Matos

abril'2017



TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Cirurgia Robótica em ORL

-uma abordagem ao sistema Da Vinci

Hugo Alexandre Alves de Matos

Orientado por:

Dr. Marco Simão

RESUMO:

O robô da Vinci tem o seu nome em tributo a Leonardo da Vinci o qual desenhou e concebeu, em 1495, o primeiro robô. No entanto, a era da robótica moderna só se iniciou em finais dos anos 90 com a intervenção da NASA, sendo posteriormente trazida ao público em geral através de empresas privadas como a *Intuitive Surgical™*, os criadores do sistema da Vinci.

Este é composto por uma consola onde o cirurgião se senta e realiza, através de manípulos e pedais, a cirurgia. Inclui um robô, composto por quatro braços articulados, com flexibilidade a 360 graus e uma consola externa com monitor de alta definição e imagem a três dimensões.

O sistema robótico tornou-se um marco importante na cirurgia, colmatando algumas das principais limitações da laparoscopia e introduziu conceitos como telecirurgia, algo inalcançável por técnicas convencionais. Apesar de aliciante, existem uma série de desvantagens que impedem a sua utilização na prática clínica corrente, especialmente o seu elevado custo.

Apesar de ser na urologia, nomeadamente a realização de prostatectomia radical que popularizou a utilização do robô, atualmente são várias as áreas cirúrgicas que utilizam o sistema robótico, nomeadamente a ginecologia, cirurgia cardio-torácica, cirurgia geral e mais recentemente na otorrinolaringologia (ORL). Nesta área, os estudos prospetivos aleatorizados são escassos, mas a melhor evidência atual permite concluir que o robô tem potencial nas mais diversas regiões da cabeça e pescoço, em particular na cirurgia laríngea, tiroideia, na remoção de tumores da cavidade oral, orofaringe e hipofaringe. Tem também utilidade na marcha diagnóstica de tumores de origem desconhecida e no tratamento cirúrgico da apneia obstrutiva do sono (SAHOS).

É definido como objetivo deste artigo, abordar o sistema cirúrgico da Vinci, bem como particularizar a sua utilização na otorrinolaringologia.

Palavras-chave: da vinci; cirurgia robótica; cirurgia minimamente invasiva; cirurgia da cabeça e pescoço; otorrinolaringologia.

“O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML”.

Abstract:

It's thanks to Leonardo da Vinci, the man who designed the first robot in 1495, that the surgical robot has its name from. However, it was only in the mid 90's that the modern age of robotics started, especially due to the desire of NASA in performing complex and at distance surgery. Later on, private corporations like Intuitive Surgical™, brought the da Vinci system to the general public.

At its core, it's a comprehensive master-slave arrangement, with the surgical cart containing four robotic arms that are operated remotely from the surgeon's console.

The robotic system became an historical achievement in minimally invasive surgery by overcoming the limitations of laparoscopic surgery and by making telepresence medicine possible in the nearby future. However, there are still major setbacks which doesn't allow robotic surgery to become a reality in the everyday clinical practice, mainly its high cost.

Even though it was in urology that the surgical robot became popular, its current uses extend to several other surgical specialties, mainly to gynecology, cardiac surgery, general surgery and most recently, to head and neck surgery. In this last specialty, there aren't many randomized prospective studies, however the best possible evidence allows me to state the robot's true potential in some head and neck surgical procedures, mainly in laryngeal and thyroid surgery. It is possible to use it for oral cavity, oropharyngeal, hypopharyngeal cancer treatment aswell. There is also evidence in its diagnostic potential for tumors of unknown primary and in OSAHS surgical treatment.

It is the objective of this article to provide a general overview of the da Vinci Surgical robot, giving a special focus at its use in the head and neck region.

Keywords: da vinci; robotic surgery; minimally invasive surgery; head and neck surgery; otolaryngology

ÍNDICE GERAL

Resumo.....	2
Índice de Tabelas.....	5
Índice de Figuras	5
Introdução.....	7
História da Cirurgia Robótica	8
Sistema da Vinci.....	10
Vantagens do Sistema da Vinci.....	11
Visualização de imagem a três dimensões (3D).....	12
Destreza.....	12
Redução do Tremor/Filtro dos Movimentos	13
Postura ergonómica	13
Telecirurgia	13
Curva de aprendizagem.....	14
Limitações do Sistema da Vinci.....	15
Falta de sensação de toque/Feedback háptico	15
Custos	16
Equipa Cirúrgica e Bloco Operatório.....	16
Problemas Técnicos do Sistema Robótico	17
Aplicações em ORL	17
Laringe	18
Orofaringe	19
Hipofaringe.....	21
Região Tiroideia.....	21
Tumores de Origem Desconhecida	22
SAHOS.....	23

Conclusão	24
Agradecimentos.....	25
Referências Bibliográficas	26
Tabelas e Figuras.....	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens da Cirurgia robótica comparativamente à cirurgia aberta (OT) e Endoscópica (ET). (adaptada de [93]).....	35
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema cirúrgico robótico da Vinci Xi-HD, com duas consolas de cirurgião e respectivos cirurgiões; uma enfermeira junto ao paciente; uma mesa giratória com quatro braços robóticos e uma torre com monitor (adaptada de [94]).	36
Figura 2 – Consola de cirurgião do sistema cirúrgico da Vinci Xi-HD, que apresenta vários ajustes ergonómicos, permitindo que os cirurgiões personalizem quatro parâmetros diferentes para maior conforto durante os procedimentos cirúrgicos (adaptada de [95]).....	37
Figura 3 –Manípulos (esquerda) que permitem um controlo preciso dos instrumentos e ajustes contínuos dos movimentos. Painel de pedal (Direita) que permite que o cirurgião executar uma infinidade de tarefas, como trocar entre diferentes tipos de instrumentos. (adaptada de [96]).....	38
Figura 4 - Visualização tridimensional fornecida pelo Insite Visual System™, que permite ao cirurgião ver estruturas anatómicas em alta definição e cores naturais até 10 vezes de ampliação. (adaptada de [97])	39
Figura 5 – Endoscópios de 12 e 8,5 mm (adaptada de [98])	40
Figura 6 - Plataforma giratória com quatro braços robóticos que obedecem os comandos do cirurgião (adaptada de [99]).	41

Figura 7 - Exemplos de instrumentos cirúrgicos da Vinci (adaptada de [100]).....	42
Figura 8 – Torre com monitor de grande visão disponível para toda a equipa, que permite uma ampla perspectiva e visualização do procedimento (adaptada de [101]).	43
Figura 9 - Esquema do bloco operatório integrando o Sistema Da Vinci (adaptada de [102])	44
Figura 10 – Sistema Endowrist – 7 degrees of freedom (adaptada de [103])	45
Figura 11 – Simulador da Vinci que permite formação da técnica cirúrgica (adaptada de [104]).....	46

INTRODUÇÃO

A introdução da cirurgia robótica, especialmente do sistema da Vinci, é um dos maiores avanços na cirurgia desde a introdução da anestesia. Algumas das primeiras utilizações do robô foram em áreas como a ortopedia, neurocirurgia e cirurgia cardio-torácica. No entanto, foi sem dúvida na urologia, nomeadamente na abordagem cirúrgica à próstata que o sistema robótico expandiu, sendo que, em 2007, cerca de 68% das prostatectomias radicais nos Estados Unidos da América (EUA) foram realizadas com recurso ao robô [1].

Desde 1998, estão publicados mais de 10.000 artigos *peer-reviewed* sobre o sistema da Vinci, dos quais 46% pertencem à urologia, 17% à cirurgia cardio-torácica, 13% à cirurgia geral, 8% à ginecologia, 7% sobre tópicos gerais (estudos custo-benefício, *outcomes* e *end-points* cirúrgicos), 4% na pediatria e os restantes 2% dizem respeito à otorrinolaringologia (ORL) [2]. Atualmente, a maioria da literatura disponível sobre a cirurgia robótica da Vinci provem de estudos retrospectivos e casos clínicos. Continua a existir uma falta de estudos prospetivos de boa qualidade que avaliem *outcomes* clínicos e comparem o custo-benefício da cirurgia robótica em relação aos meios tradicionais de laparoscopia e cirurgia aberta.

No mundo existem 3.803 sistemas da Vinci instalados, dos quais 2.501 nos EUA, 644 na Europa, 476 na Ásia e 182 em outras áreas do globo, gerando uma receita em mais de 2.38 mil milhões de dólares para a *Intuitive Surgical*TM [2].

Até à data foram realizados mais de 3 milhões de cirurgias com o sistema da Vinci, refletindo uma subida considerável em relação às 652 mil realizadas em 2015 por todo o mundo [2]. Nos EUA, a maioria dos procedimentos cirúrgicos são realizados em ginecologia (52%), nomeadamente histerectomias; em cirurgia geral (24%), nomeadamente colecistectomias, cirurgia anti refluxo, cirurgia colo-rectal e bariátrica; em urologia (20%), nomeadamente nefrectomias e prostatectomias; sendo os restantes 4% das cirurgias realizadas nas áreas de cirurgia cardio-torácica e otorrinolaringologia [3].

Em Portugal, o Hospital da Luz em Lisboa foi pioneiro na introdução da cirurgia robótica usando o sistema da Vinci numa prostatectomia radical, a um doente oncológico de 50 anos, em 23 de junho de 2010. Desde essa data, já realizou cerca de 800 cirurgias, 75% das quais devido a patologia neoplásica [4]. Em 2016, o Hospital CUF Infante Santo em Lisboa também aderiu à cirurgia robótica, adquirindo o sistema cirúrgico [5]. A destacar, que o Serviço Nacional de Saúde (SNS) ainda não possui esta abordagem para os seus utentes.

Apesar da sua atual aplicação prática na otorrinolaringologia, é necessário salientar que o sistema da Vinci não foi criado para ser utilizado em ORL. De facto, foi apenas em 2003 que o robô foi introduzido nesta área com uma cirurgia de remoção da glândula submaxilar e laringe em modelos animais [6]. Consequentemente, os cirurgiões mostraram um crescente interesse em adaptar o sistema cirúrgico ao espaço limitado da cabeça e pescoço. De uma forma geral, a utilização do sistema da Vinci em ORL pode ser dividida em: 1) cirurgia minimamente invasiva, na qual o robô opera na via aéreo-digestiva sem comprometer o tecido normal da região, tendo como exemplo a cirurgia robótica transoral (TORS); e 2) cirurgia de acesso remoto, na qual a cirurgia na cabeça e no pescoço é realizada através de incisões longe da região, em zonas cosmeticamente aceitáveis, tal como ocorre na abordagem cirúrgica à glândula tiroideia.

Este artigo propõe-se a fazer uma revisão do sistema robótico cirúrgico da Vinci, recordando a história da cirurgia robótica no mundo, e focando-se, principalmente, em esclarecer as vantagens e limitações do robô e a sua aplicação em áreas da Medicina como a otorrinolaringologia (ORL). A *PubMed* foi a principal base de dados utilizada para procurar a literatura utilizada nesta revisão, no entanto foram também integrados livros, vídeos e periódicos de notícias considerados relevantes para esclarecer a utilização prática do sistema robótico.

Este artigo de revisão não tem como objetivo uma análise comparativa extensa da literatura, mas sim proporcionar uma ideia sumária sobre o sistema da Vinci, nomeadamente as suas aplicações em ORL.

HISTÓRIA DA CIRURGIA ROBÓTICA

Robô, deriva da palavra checa *robota*, que significa trabalho forçado ou escravo. Apesar de, atualmente, os robôs serem considerados máquinas sem inteligência, estão a ser feitos grandes esforços para expandir a sua utilidade. Hoje em dia os robôs são utilizados para executar tarefas altamente precisas, específicas, perigosas e pesquisas científicas que não são possíveis ao ser humano [7].

A história da utilização de robôs em cirurgia, começa com o “*Arthrobot*”, criado em 1983 para auxiliar na cirurgia ortopédica. Em 1985, o robô PUMA 560 foi utilizado por Kwoh et al.

para realizar biópsias neurocirúrgicas com uma precisão inigualável aos métodos da altura [8]. Três anos depois, Davies et al. realizou uma ressecção transuretral da próstata, usando o robô PUMA 560 [9]. Este sistema cirúrgico levou ao desenvolvimento do PROBOT, um robô desenhado especificamente para a ressecção transuretral da próstata. Enquanto o PROBOT esteve em desenvolvimento a *Integrated Surgical Supplies* desenvolveu o ROBODOC, um robô experimental que molda a superfície óssea, utilizado para auxiliar na colocação da prótese total da anca [10]. O ROBODOC foi o primeiro robô cirúrgico aprovado pela *Food and Drugs Administration* (FDA) nos Estados Unidos da América.

Nos anos 80, em paralelo com os desenvolvimentos acima descritos, um grupo de investigadores da *National Air and Space Administration* (NASA) em parceria com o *Ames Research Center* começaram a explorar a realidade virtual de forma a permitir aos seus utilizadores, através de robôs, a imersão e manipulação de grandes quantidades de dados, fornecidas à distancia, pelas estações aeroespaciais [10,11]. As potencialidades, para os cirurgiões, deste conceito de telepresença foram reconhecidas pelo doutorado Scott Fisher (cientista da NASA) e pelo Dr. Joe Rosen (cirurgião plástico). Eles idealizaram o conceito de telecirurgia, a qual consistia em colocar, virtualmente, o cirurgião no bloco operatório através do controlo remoto de braços robóticos. No decorrer da década seguinte, o campo da telecirurgia robótica cresceu e o seu conceito foi introduzido ao Pentágono, com o objectivo de permitir, ao cirurgião, tratar um soldado ferido em combate à distância [11,12,13]. Eventualmente, diversos cirurgiões e engenheiros do Pentágono, que trabalharam em sistemas robóticos cirúrgicos, formaram as suas próprias ligações comerciais introduzindo os robôs na cirurgia hospitalar [10]. A *Computer Motion*, inicialmente financiada pelo Pentágono, desenvolveu o AESOP, um braço robótico assistente que manobra a câmara endoscópica de acordo com as ordens do cirurgião, sendo estas transmitidas por pedais ou por um sistema de voz na cirurgia laparoscópica [14]. Apesar da comercialização destes robôs cirúrgicos ter começado no princípio dos anos 90, foram necessários mais alguns anos até ao aparecimento de sistemas robóticos complexos, com consola e braços cirúrgicos, como o ZEUS (*Computer Motion*) e o sistema da Vinci, da *Intuitive Surgical*, em 1998.

A primeira cirurgia envolvendo o robô da Vinci foi um *bypass* coronário realizado na Alemanha em 1998. Em 2000, o robô da Vinci foi aprovado pela FDA para a sua utilização

em cirurgia laparoscópica. Nesse mesmo ano, em Paris, foi realizada a primeira prostatectomia radical pelo robô [15].

Devido à semelhança entre os dois sistemas robóticos cirúrgicos, ZEUS e da Vinci, e como em 2003 a *Computer Motion* foi adquirida pela *Intuitive Surgical*, atualmente o sistema da Vinci é o único do seu género a ser comercializado no mercado.

SISTEMA DA VINCI

O seu nome foi atribuído em honra de Leonardo da Vinci, inventor, pintor e filósofo do século XV, o qual concebeu, e acredita-se ter criado, o primeiro robô em 1495. Este seria capaz de realizar movimentos simples através de um mecanismo de roldanas e fios [16].

O modelo mais recente do sistema robótico (da Vinci Xi) apresenta diversas características que representam uma evolução significativa relativamente aos modelos anteriores (Si, Si-e, Si-HD), nomeadamente instrumentos mais compridos, finos e leves; um design mais compacto com os quatro braços robóticos acoplados numa plataforma giratória comum e um sistema de orientação guiado por laser [3]. Estas inovações permitem um grau de movimentação superior com cirurgias cada vez menos invasivas. No entanto todos os modelos possuem três grandes componentes comuns: a consola do cirurgião; uma mesa com braços robóticos (três para controlar os instrumentos e um para controlar a câmara endoscópica) e um sistema de imagem de alta definição a três dimensões (3D) (Figura 1) [17].

O primeiro componente que irei descrever é a consola, (Figuras 2 e 3), na qual o cirurgião se posiciona, sentado e confortável, para controlar à distância o restante sistema cirúrgico. A destacar que a consola pode ser colocada em qualquer parte do bloco operatório ou até mesmo fora deste. Enquanto está a operar, o cirurgião não está a visualizar o doente, mas sim uma imagem computadorizada projetada na consola e, a partir desta, controla os braços robóticos através de pedais e manípulos.

O segundo componente é o sistema de imagem (*Insite Visual System™*) (Figura 4). Este sistema cria uma imagem em alta definição e a três dimensões (3D) através de uma unidade com duas câmaras acopladas a duas fontes luminosas. É utilizado um endoscópio que permite uma amplificação de imagem até 10 vezes, mantendo a alta definição da mesma (Figura 5).

Em terceiro, a mesa auxiliar com os braços robóticos (Figura 6). As versões anteriores do da Vinci possuíam apenas três braços robóticos, mas atualmente todos os sistemas possuem quatro. Acoplados a estes estão os instrumentos próprios do sistema da Vinci. Estes são um dos componentes chave do sistema por possuírem, graças ao *EndoWrist™* (*vidé* – vantagens, destreza), a capacidade de mimetizar e superar as limitações do punho humano, conferindo ao cirurgião uma precisão e flexibilidade superior. De acordo com a cirurgia a ser realizada existem uma variedade de instrumentos disponíveis (Figura 7), variando na espessura dos mesmos e na sua função (apertar; cortar; coagular; suturar; entre outras manipulações de tecido).

Por último, todo o *software* possui um sistema de comunicação integrado para permitir a comunicação entre o cirurgião e a sua equipa, juntamente com uma torre com um monitor que permite ao cirurgião assistente acompanhar, em direto, os passos da cirurgia e monitorizar os sinais vitais, exames imagiológicos do doente, entre outras informações relevantes para o decorrer da cirurgia (Figura 8).

A Figura 9 representa, esquematicamente, uma sala de operações com o sistema da Vinci e, no site da *Intuitive Surgical* é possível aceder a um vídeo demonstrativo do funcionamento deste sistema [18].

VANTAGENS DO SISTEMA DA VINCI

Um dos motivos da popularidade da cirurgia robótica, especialmente do sistema da Vinci, deve-se à sua capacidade de superar as principais desvantagens e limitações dos restantes métodos de cirurgia minimamente invasiva, nomeadamente da cirurgia laparoscópica. Sumariamente, estas resumem-se à visualização de imagem a duas dimensões (2D), compromisso na destreza e amplitude dos movimentos, amplificação de tremores fisiológicos e diminuição da sensação tátil nos tecidos [19].

A cirurgia robótica, comparativamente com a cirurgia laparoscópica, foi associada a inúmeras vantagens para os doentes, nomeadamente a um menor tempo de internamento, menor número de complicações pós-operatórias e menor número de mortes intra-hospitalares [20]. No entanto, a maioria dos estudos que abordam estas vantagens foram realizados na área da urologia, especialmente devido ao elevado número de prostatectomias radicais assistidas pelo

robô, sendo necessário algum cuidado ao generalizar para outras especialidades cirúrgicas. Ao nível da otorrinolaringologia estes *outcomes* serão abordados adiante na revisão.

Quanto às vantagens para o cirurgião, estas encontram-se mais bem documentadas e nas quais tenho a destacar:

VISUALIZAÇÃO DE IMAGEM A TRÊS DIMENSÕES (3D)

Como se encontra acima descrito, a perda de profundidade e orientação espacial na laparoscopia convencional (2D) é uma das principais limitações da técnica. Na cirurgia robótica, é utilizado um endoscópio com dupla câmara que permite a criação de uma imagem a três dimensões (3D), com alta definição e que pode ser ampliada até 10-15 vezes, fornecendo um detalhe cirúrgico incomparável às técnicas convencionais [21]. Em termos práticos, esse detalhe permite distinguir alterações mínimas nos tecidos, por exemplo em contexto oncológico; minimizar o trauma à anatomia circundante e possibilita, por exemplo, a realização de micro-anastomoses ou a manipulação de tecidos em áreas mais limitadas como na cabeça e pescoço [22,23].

É importante referir, que na cirurgia laparoscópica a manipulação do endoscópio é feita pelo cirurgião auxiliar, resultando que, por vezes, a visualização de imagem não é a pretendida pelo cirurgião principal. Na cirurgia robótica o controlo está totalmente dependente do cirurgião principal que controla a câmara através de um dos braços mecânicos do robô.

Todos estes aspetos são cruciais para ultrapassar uma das limitações da cirurgia robótica que é a perda de feedback háptico dos instrumentos, abordada em maior detalhe, posteriormente.

DESTREZA

Um parâmetro muito importante para avaliar a capacidade e amplitude de movimentos de um braço humano ou robótico são os seus *degrees of freedom* (DoF) – número de movimentos independentes que pode realizar [24].

Com a introdução da laparoscopia, o cirurgião deixou de ter a mesma destreza que tinha na cirurgia aberta, necessitando de utilizar instrumentos longos e rígidos, perdendo assim DoF, devido à fixação do ponto de inserção dos instrumentos. Desta maneira possuindo apenas 4 DoF o cirurgião não consegue chegar a todos os pontos da loca cirúrgica, independentemente

da forma como orienta os instrumentos, tornando difícil e demoroso tarefas como suturar tecidos.

Esta limitação é ultrapassada por uma tecnologia chave do sistema da Vinci – o *EndoWrist™*, (Figura 10). Este é um design de instrumentos multiarticulados com 7 DoF (6 da articulação do braço robótico mais 1 do instrumento) superando até as limitações da mão humana [24]. Em termos práticos, torna-se possível ao cirurgião operar, com maior facilidade, em espaços confinados como a cabeça e o pescoço.

REDUÇÃO DO TREMOR/FILTRO DOS MOVIMENTOS

Uma das principais características da cirurgia robótica é o fato do cirurgião não contactar diretamente com os instrumentos, mas sim através dos braços robóticos. Como tal, o sistema possui uma série de filtros incorporados no *software* e *hardware* do robô que elimina o tremor fisiológico do cirurgião, permitindo uma maior precisão dos movimentos efetuados. Em adição, os movimentos deste podem ser escalados (5:1, 3:1, 2:1) permitindo que movimentos amplos nos manípulos da consola se traduzam em micro-movimentos no campo cirúrgico [25].

POSTURA ERGONÓMICA

Na cirurgia laparoscópica, o cirurgião necessita de manter uma posição desconfortável para instrumentar. A este desconforto está aliada uma má coordenação visual-motora devido ao desalinhamento dos instrumentos com o monitor.

Em oposição, na cirurgia robótica, o cirurgião encontra-se sentado com os seus antebraços apoiados e com a sua cabeça imersa, confortavelmente, na consola. Como o cirurgião opera a partir da sua consola, é eliminada a necessidade de rodar o punho para posições desconfortáveis, de manter uma postura cervical inadequada ou de segurar os instrumentos em posições pouco ergonómicas e durante longos períodos de tempo [26].

Tais factos não só reduzem a fadiga permitindo ao cirurgião resistir a tempos operatórios longos, como também melhora a sua performance nos mesmos [27].

TELECIRURGIA

Um dos motivos para o desenvolvimento da cirurgia robótica foi a necessidade de superar as limitações geográficas/físicas de um procedimento cirúrgico, possibilitando a realização de

cirurgias em locais remotos ou em zonas de grande perigo, por exemplo em zonas de guerra. Foi em Setembro de 2001 que decorreu a “Operação Lindbergh” descrita por Marescaux et al. [28]. Esta foi a primeira aplicação telecirúrgica do robô e consistiu numa colecistectomia transcontinental entre um doente em França e o cirurgião em Nova Iorque.

Contudo, para que a telecirurgia se torne uma prática comum é necessário um maior desenvolvimento na área das telecomunicações, de forma a garantir a segurança da cirurgia e a confidencialidade dos dados transmitidos. Como tal, esta aplicação da cirurgia robótica levanta uma série de considerações éticas e legais que não deverão ser descuidadas.

CURVA DE APRENDIZAGEM

Na cirurgia, a expressão “curva de aprendizagem” é usada para descrever o processo de aquisição de conhecimentos e competências, e esta pode ser medida através de inúmeros *end-points*, nomeadamente o tempo operatório, número de complicações, entre outros fatores. Na cirurgia robótica, a curva tem um pico inicial atingindo um *plateau* ao fim de um número variável de cirurgias, cujo consenso ronda os 30-40 procedimentos [29]. Esta curva varia consoante o tipo de procedimento, podendo mesmo alcançar os 250 procedimentos cirúrgicos por ano para o cirurgião se considerar como “experiente” nessa cirurgia [30].

Os primeiros estudos comparativos sobre este tema foram realizados em laboratório e demonstraram que cirurgiões inexperientes realizavam tarefas mais facilmente com o robô do que com técnicas de laparoscopia convencional [31]. Esta evidência provou ser mais significativa com o aumento do grau de complexidade das tarefas realizadas.

Outros estudos destacaram uma aquisição de competências básicas mais rápida na cirurgia robótica quando comparado com a cirurgia laparoscópica [32,33,34].

Kaul et al. descreveram que não era essencial experiência prévia em cirurgia convencional ou laparoscópica para adquirir competências em cirurgia robótica, no entanto Lorenzo et al. reforçaram que o tempo de execução das tarefas propostas era inferior se os cirurgiões possuísem experiência laparoscópica prévia [34,35].

A destacar que a curva de aprendizagem na cirurgia robótica é relativamente curta e pode ser ainda mais reduzida para a nova geração de cirurgiões experientes em jogos de vídeo e simuladores [35].

Um aspeto importante é a formação robótica do cirurgião. Esta divide-se em dois grandes passos, na qual existe uma primeira fase, fora do bloco operatório, de familiarização aos vários componentes e aos procedimentos técnicos da cirurgia através do uso de simuladores, (Figura 11). Numa segunda fase, o cirurgião irá presenciar várias cirurgias realizadas por um cirurgião mais experiente, iniciando posteriormente a realização das mesmas. Esta iniciação poderá ser feita por etapas e sobre supervisão, ou em alternativa ser realizada em simultâneo, numa segunda consola, com o seu orientador.

LIMITAÇÕES DO SISTEMA DA VINCI

FALTA DE SENSACÃO DE TOQUE/FEEDBACK HÁPTICO

Em cirurgia, feedback háptico refere-se à sensação de toque ou informação cinestésica que o cirurgião experiencia ao contactar com os tecidos. Esta sensação é de extrema importância na maioria das cirurgias porque permite ao cirurgião identificar alterações na consistência e elasticidade dos tecidos, permite um maior cuidado na manipulação dos mesmos e na força que necessita de exercer a removê-los ou suturá-los [36,37]. Na cirurgia laparoscópica, este feedback é limitado quando comparado à cirurgia convencional por ser transmitido ao cirurgião através dos instrumentos que ele utiliza para contactar com os tecidos. Na cirurgia robótica dado que a manipulação dos instrumentos é feita por intermédio de braços robóticos este feedback é nulo. Na literatura, isto é considerada uma limitação major desta técnica devido ao risco de má aplicação da força com consequente lesão tecidual [19,38,39,40]. Bethea et al. descreveram que até cirurgiões experientes em cirurgia robótica por vezes têm dificuldades neste parâmetro exercendo força excessiva nos tecidos com consequente lesão dos mesmos [38].

No entanto, estudos mais recentes sugerem que outras formas de feedback podem ser utilizadas para compensar a falta de feedback háptico, por exemplo, feedback auditivo ou visual através da utilização de uma escala de sons ou cores que traduzem o grau de força exercido pelo cirurgião. Num estudo preliminar realizado por Okamura et al. a utilização de feedback auditivo compensatório foi testado e provou ser um sucesso, reforçando as novas ideias de sobrevalorização da importância do feedback háptico na cirurgia robótica [41].

CUSTOS

Uma das maiores limitações do sistema cirúrgico robotizado é o seu custo e os custos a ele associados. Atualmente, o modelo mais recente do sistema da Vinci custa cerca de 1.5 milhões de euros com uma adição anual de 150 mil euros em manutenção e de cerca 250 euros por instrumento. Estes são valores gerais fornecidos pela própria empresa *Intuitive Surgical* e que são muito superiores aos valores das cirurgias convencionais e laparoscópicas [2]. Uma análise de custo publicada no *New England Journal of Medicine*, em 2010 e que incluiu 20 cirurgias robóticas diferentes, mostrou que a utilização do robô acrescentava cerca de 13% (3200\$ dólares) ao valor base do procedimento cirúrgico [30]. No entanto, a maioria das análises custo-benefício não têm em conta fatores indiretos que acabam por diminuir o custo da cirurgia, nomeadamente a diminuição do tempo de internamento. Morgan et al. compararam todos os custos hospitalares da utilização do robô na área da cirurgia cardio-torácica e chegaram à conclusão de que, senão for considerado o investimento inicial da compra do robô, não existiam diferenças significativas entre a cirurgia robótica e a esternotomia mediana [42].

Outro fator responsável pelo custo inflacionado da cirurgia robótica deve-se ao elevado custo da mesma no início da curva de aprendizagem do cirurgião, especialmente devido ao aumento do tempo operatório. Uma forma de minimizar esse custo inicial é através do aumento do número de cirurgias realizadas pelo centro cirúrgico, incluindo o aumento do número de especialidades e procedimentos nas quais existe benefício em introduzir a cirurgia robótica [43].

Por fim, o monopólio comercial da *Intuitive Surgical* contribui para o elevado custo de aquisição e de *upgrade* do sistema robótico. Caso esta situação se altere espera-se que, com a competitividade, resulte numa diminuição dos preços de venda do sistema cirúrgico.

São necessários mais estudos e de melhor qualidade que avaliem o custo-benefício da cirurgia robótica comparativamente à cirurgia convencional e laparoscópica, dado que a maioria da informação provem de estudos retrospectivos.

EQUIPA CIRÚRGICA E BLOCO OPERATÓRIO

Um grande fator no sucesso de uma cirurgia é a colaboração e organização dos diversos profissionais de saúde no bloco operatório. Na maioria das cirurgias robóticas a equipa

cirúrgica é constituída pelo cirurgião, um cirurgião auxiliar, um anestesista, um enfermeiro instrumentista de cirurgia robótica, um enfermeiro auxiliar de anestesia e um circulante. Apesar das semelhanças com as restantes equipas de outras abordagens cirúrgicas, alguns estudos e inquéritos [44,45] revelaram uma necessidade superior de comunicação entre os diversos membros da equipa para compensar o “isolamento” do cirurgião principal. Este aspeto reforça o fato de toda a equipa cirúrgica necessitar de treino e que existe uma curva de aprendizagem conjunta, porque o sucesso da cirurgia não depende apenas da aprendizagem do cirurgião [46,47].

Outro fator a considerar são as dimensões limitadas do bloco operatório. Como a cirurgia robótica, devido ao seu *design*, utiliza equipamentos de maiores dimensões, nem todos os blocos operatórios estão preparados para receber este sistema cirúrgico.

PROBLEMAS TÉCNICOS DO SISTEMA ROBÓTICO

Os erros e falhas técnicas do sistema robótico estão bem documentados na literatura, sendo a maioria descritas em cirurgias do foro urológico [48,49,50,51]. A maioria das falhas técnicas descritas está relacionada com problemas nos instrumentos cirúrgicos, incluindo erros no reconhecimento do instrumento pelo braço robótico, entre outros erros facilmente ultrapassáveis com o aumento do tempo operatório. Além disso, a incidência de falhas críticas, com necessidade de conversão, devido a problemas técnicos é muito baixa (5%) quando comparada com cirurgias laparoscópicas cuja necessidade de conversão chega aos 16% [52].

No entanto, não podemos deixar de salientar o fato de cerca de 30% dos efeitos adversos associados à cirurgia robótica devem-se a falhas técnicas do sistema, sendo imperativo avaliações e controlos de rotina do mesmo [3].

APLICAÇÕES EM ORL

As cirurgias da cabeça e do pescoço estão muito associadas a grandes disseções e incisões cervicais, muitas vezes com resultados cosméticos e funcionais difíceis de aceitar por parte do doente. A introdução da cirurgia minimamente invasiva, com imagens em alta definição, técnicas endoscópicas e instrumentos robóticos veio revolucionar esta área cirúrgica.

No âmbito da otorrinolaringologia, a primeira aplicação do robô da Vinci ocorreu em 2005 numa cirurgia laríngea realizada por McLeod e Melder [53], que consistiu na excisão de um quisto localizado entre a base da língua e a epiglote (vocal). Este procedimento abriu portas à utilização do da Vinci em ORL, desencadeando uma série de estudos pioneiros na utilidade do robô em cirurgia laríngea, na orofaringe, hipofaringe, na região tiroideia e também no tratamento da apneia do sono (SAHOS).

A FDA aprovou a utilização do sistema da Vinci para a otorrinolaringologia em 2009. No entanto, ainda não está indicado para todos os procedimentos cirúrgicos da região, sendo necessários mais estudos prospectivos para avaliar a eficácia e segurança do sistema. Atualmente, segundo as indicações do fabricante (*Intuitive Surgical*), o robô tem indicação para cirurgia transoral (TORS) na ressecção de tumores benignos ou malignos (T1-T2) e para ressecções benignas na base da língua [54].

TORS define um tipo de cirurgia realizada através da cavidade oral e que utiliza, no mínimo, três braços robóticos, permitindo uma manipulação bimanual dos tecidos. No entanto, nem todos os procedimentos cirúrgicos robóticos na cabeça e pescoço utilizam esta abordagem transoral. Em adição, nem todos os doentes são bons candidatos a esta abordagem robótica porque alguns deles podem apresentar contraindicações tais como, trismo, retrognatismo, arco mandibular estreito, entre outros fatores que comprometam um adequado campo operatório [55].

Para uma maior facilidade de compreensão, resolvi dividir as várias aplicações da cirurgia robótica pelas diferentes áreas anatómicas e patologias do foro otorrinolaringológico.

LARINGE

A anatomia da via aérea superior dificulta o tratamento da patologia laríngea, nomeadamente patologia neoplásica. A cirurgia aberta permite uma boa visualização das estruturas e uma fácil manipulação dos instrumentos, no entanto existe um elevado risco de lesar o tecido vibratório da região. Em contraste, a cirurgia endoscópica laríngea utiliza os orifícios naturais do corpo minimizando o dano tecidual secundário. Apesar da integração do laser de CO₂ e de diversos melhoramentos na cirurgia endoscópica, esta continua a possuir limitações consideráveis, tais como a má visualização do campo cirúrgico, instrumentos rígidos, dificuldade de alcançar certas regiões profundas e reduzida percepção dos tecidos. A cirurgia

robótica surge como um melhoramento e ainda como um adjuvante da cirurgia endolaringea, apresentando potencial para superar as limitações dos métodos convencionais.

Weinstein et al. realizaram um ensaio clínico para avaliar a utilização do TORS em três casos de laringectomia parcial supraglótica em doentes com carcinoma supraglótico [56]. Conseguiram uma excelente visualização da região com ressecção tumoral completa nos 3 casos. Não foram reportadas complicações intra ou pós-operatórias. Concluiu-se que o procedimento robótico é factível e seguro, representando uma alternativa às abordagens convencionais.

Park et al. [57] realizaram um estudo prospetivo com 4 doentes com carcinoma glótico tratados com TORS. Não foram reportadas complicações peri-operatórias e todas as ressecções foram com margens livres.

Solares e Strome descreveram um caso de uma doente de 74 anos com tumor da laringe submetida a laringectomia supraglótica com o laser de dióxido carbono (CO₂) acoplado ao robô [58]. A ressecção foi completa e sem complicações pós-operatórias. Esta fusão permitiu alcançar o tumor dado este encontrar-se inalcançável pela cirurgia endoscópica laser. Assim, TORS e cirurgia endoscópica com laser CO₂ não são tecnologias mutuamente exclusivas. Muitos centros acoplaram a cirurgia laser à cirurgia robótica da Vinci para ressecar lesões na laringe, mas também na orofaringe e hipofaringe. O laser permite uma lesão tecidual mínima, incisões precisas e excelente hemóstase [59,60,61,62], enquanto a tecnologia *EndoWrist*TM dos braços robóticos permite ao laser alcançar zonas fora da linha de visão.

Muitas das vantagens da cirurgia robótica na laringe são transversais às outras especialidades, no entanto é visível que o fato da cirurgia robótica ter sido, inicialmente, criada para regiões como o abdómen, traz limitações à técnica. Os braços robóticos não foram desenhados para serem coaxiais com o lúmen do laringoscópio, sendo difícil colocar os instrumentos no mesmo [53]. Em adição, o fato de não existirem mecanismos de sucção incorporados, o tamanho dos instrumentos, a limitação do espaço transoral e o elevado tempo de preparação cirúrgico são outras das limitações da utilização desta técnica na cirurgia laríngea e também em toda a ORL [53,63,64].

OROFARINGE

A incidência de carcinomas da orofaringe está a aumentar exponencialmente [65]. O tratamento destes tumores tem sofrido alterações nas últimas décadas, existindo uma diminuição do número de cirurgias abertas “transmandibulares” com o aumento do número de terapêuticas “preservadoras de tecido” como a radioterapia e quimioterapia. Atualmente esquemas de quimioradioterapia (QRT) são o principal tratamento de tumores da orofaringe [66], mas preservar o tecido não significa preservar a sua função, e efeitos adversos como a disfagia, com necessidade de gastrostomia, são dos mais descritos na literatura devido à toxicidade aguda do tratamento [67,68].

A cirurgia robótica transoral (TORS) surgiu como uma alternativa cirúrgica, permitindo ressecar tumores da orofaringe sem necessidade de faringotomias ou mandibulotomias. Em termos funcionais, já existem alguns estudos publicados que avaliam a capacidade de discurso, deglutição ou necessidade de gastrostomia.

Genden et al. registaram que os doentes submetidos a TORS tinham, 2 semanas após o procedimento, melhores *scores* na capacidade de deglutição quando comparados com os tratados com QRT [69]. Um ano após o procedimento, os investigadores também verificaram que os participantes submetidos a TORS retomaram os valores normais, nos *scores* de deglutição, mais rapidamente e com melhores resultados do que os submetidos a QRT. Weinstein et al. reportaram *scores* normais de deglutição em 97.6% dos seus casos em follow-ups de 12 meses [70]. Moore et al. descreveram que todos os seus doentes retornam a valores normais de deglutição no espaço de tempo entre 3 meses a 2 anos [71].

A taxa de gastrostomia em doentes submetidos ao TORS é inferior quando comparado com doentes tratados com QRT. Weinstein et al. também descobriram que os doentes submetidos a TORS tinham uma necessidade de gastrostomia após o procedimento de 2.4%, comparativamente aos 9%-38% dos submetidos a QRT [70].

Os *outcomes* oncológicos para doentes submetidos a TORS estão, lentamente, a emergir na literatura e parecem promissores, apesar da escassa literatura referente a resultados a longo-prazo.

Numa cohort de 47 doentes com carcinoma da orofaringe em estado avançado, submetidos a TORS, Weinstein et al. [70] reportaram uma taxa de recorrência loco-regional de 6% e à distância de 9%, num follow-up de 18 meses. As taxas de sobrevivências global foram de

96% no primeiro ano e de 82% aos dois anos, com taxas de sobrevivência livre e específica de doença com percentagens semelhantes.

White et al. [72] reportaram uma taxa de sobrevivência global aos 2 anos de 86.3% numa série de 89 doentes com carcinomas da orofaringe, que foram primariamente submetidos a TORS. Todos os doentes no estudo receberam ainda radioterapia, com ou sem quimioterapia, adjuvante. Uma vantagem da utilização primária do TORS é a possibilidade de diminuir a intensidade do tratamento com quimioradioterapia, o que a longo prazo, reduz a incidência de efeitos tóxicos do tratamento médico.

HIPOFARINGE

Ainda existem poucas publicações na literatura que avaliem o impacto da cirurgia robótica na remoção de tumores desta região.

Park et al. [73] realizaram um ensaio com 10 doentes com carcinomas da hipofaringe (seio piriforme) em estadio inicial (T1 e T2) e que foram submetidos a hipofaringectomia robótica transoral, sem complicações significativas. O tempo operatório médio foi de 62.4 minutos. Os doentes retomaram a deglutição sem alterações em cerca 8.3 dias e a decanulação ocorreu, em média, 6.3 dias após a cirurgia. Quando o TORS e a cirurgia convencional foram comparados, destacaram-se melhores *outcomes* funcionais e taxas de sobrevivência maiores com a cirurgia robótica [74].

REGIÃO TIROIDEIA

Apesar da cirurgia tiroideia ser realizada à mais de um século, a sociedade moderna tem cada vez menos tolerância a defeitos estéticos resultantes dos procedimentos cirúrgicos. A cirurgia tiroideia convencional implica uma incisão transversal na região cervical, sendo pouco agradável esteticamente. Como tal, foram desenvolvidos uma série de procedimentos cirúrgicos de acesso remoto, não só de forma a superar os defeitos estéticos, mas também melhorar os *outomes* funcionais e oncológicos da cirurgia.

Foi realizado um questionário a 41 doentes oncológicos submetidos a cirurgia robótica e 43 doentes submetidos a cirurgia convencional para avaliar a sua satisfação estética nos 3 meses após a cirurgia [75,76]. Concluiu-se que existe uma satisfação estética muito superior no grupo robótico durante todo o período avaliado.

Apesar da abordagem transaxilar “*gasless*” ter sido a primeira forma de tiroidectomia robótica a ser descrita, outros grupos científicos descreveram ligeiras variantes desta técnica, dado o risco aumentado de lesão do plexo braquial por esta abordagem. Tae et al. [77] inseriram um dos quatro instrumentos por uma incisão ipsilateral na região aureolar, em adição à incisão axilar. Posteriormente, Lee et al. [78] descreveram uma abordagem bilateral axilo-mamilar com insuflação CO₂. Outra possível abordagem robótica é através de uma incisão retro auricular (“*facelift thyroidectomy*”) que oferece excelentes resultados cosméticos sem as morbidades significativas da abordagem axilar, nomeadamente a lesão do plexo, não permitindo (ao contrário das restantes variantes) realizar tiroidectomia total [79]. No geral, as várias técnicas mostraram ser aplicáveis para tiroidectomias totais e lobectomias com ou sem linfadenectomia associada; e com resultados semelhantes entre elas, revelando ser “não-inferiores” às técnicas convencionais.

Em 2011 surgiu um estudo retrospectivo mais robusto [80] com 1.043 doentes com carcinoma diferenciado da tireoideia onde foram comparados os doentes submetidos a várias abordagens de cirurgia robótica, a cirurgia endoscópica e a cirurgia aberta. Este estudo multicêntrico reforçou a segurança e aplicabilidade da cirurgia robótica, pois revelou que esta possui *outcomes* semelhantes às outras técnicas conseguindo superar as limitações das mesmas, apesar do aumento do tempo operatório e do elevado custo.

A tabela 1 (vidé - Tabelas e Figuras) fornece uma sumária comparação das vantagens e desvantagens entre os vários métodos cirúrgicos possíveis para a tiroidectomia.

TUMORES DE ORIGEM DESCONHECIDA

A utilização do robô da Vinci (TORS) para ressecções de tecido na base da língua é importante na marcha diagnóstica de doentes com tumores da cabeça e pescoço de origem desconhecida. Mehta et al. [81] realizaram um estudo retrospectivo com 10 doentes onde foi utilizada a cirurgia robótica neste propósito. Foram capazes de identificar até 90% dos tumores primários através de ressecções na base da língua, após biópsias endoscópicas, tomografia de emissão de positrões (PET), tomografia computadorizada (CT) e amigdalectomias bilaterais com resultados negativos.

Esta abordagem transoral está descrita como uma nova inovação terapêutica e diagnóstica com taxas de detecção superiores à endoscopia tradicional, apresentando uma morbidade

mínima [82,83,84]. No entanto, são necessários mais estudos comparativos entre o TORS e a marcha diagnóstica convencional.

SAHOS

A síndrome de apneia-hipopneia obstrutiva do sono (SAHOS) é caracterizada por um colapso, a vários níveis, da via aérea superior durante o sono e cujo tratamento padrão é com *continuous positive airway pressure* (C-PAP), uma abordagem sintomática que falha pela baixa aderência e má utilização do aparelho [85,86].

Ao longo da última década vários estudos demonstraram que a base da língua e as regiões supraglóticas são as zonas chave de colapso em mais de 38-56% dos doentes [87,88]. É assim lógico que o tratamento cirúrgico seja uma opção para este tipo de doentes e que o mesmo terá de envolver uma abordagem multisegmentar. O objetivo da abordagem cirúrgica na SAHOS consiste em alargar o espaço na região retro faríngea. Atualmente, os procedimentos endoscópicos para esta cirurgia são limitados pela dificuldade no acesso e pelos riscos de lesar estruturas vasculo-nervosas da região. Como tal, resseções maiores e mais agressivas são impossíveis, conduzindo a *outcomes* funcionais dispare [89].

Com o advento da cirurgia robótica, acreditou-se que algumas destas limitações iriam ser superadas. Foi entre 2010 e 2012 que Vicini et al. [90,91] avaliaram a efetividade do TORS na resseção de tecido na base da língua com o intuito de alargar o espaço retro faríngeo em doentes com SAHOS. Nestes dois estudos, 20 pacientes foram submetidos a uma resseção de tecido hipertrófico na base da língua, sendo que alguns ainda foram submetidos a supraglotoplastia e uvulopalatoplastia. De acordo com uma escala visual analógica (0-100%) a satisfação global dos doentes foi de 94% e nos *scores* de Epworth (ESS) e índice apneia-hipopneia (AHI) observou-se também uma melhoria significativa. Todos eles foram decanulados entre o quarto e décimo terceiro dia pós-operatório, adquirindo capacidade de deglutição normal nas primeiras 2 semanas. Não foram descritas complicações peri-operatórias.

Os resultados promissores destes estudos conduziram a uma nova esperança para doentes cujo fracasso das terapêuticas convencionais os haviam deixado sem alternativas.

Em 2016, Rangabashyam et al. [92] conduziram a primeira revisão sistemática focada nos *outcomes* do TORS na resseção de tecido na base da língua como tratamento cirúrgico na

SAHOS. Nesta revisão, os índices na ESS e AHI melhoraram significativamente. Apesar de não existir consenso nos estudos para a definição de “cura cirúrgica” esta variou entre os 14%-35%. Segundo a melhor evidência possível, concluiu-se que o TORS é eficaz como um componente da abordagem cirúrgica, a vários níveis, da SAHOS. No entanto, não existe informação suficiente para inferir sobre a sua eficácia na ressecção de tecido na base da língua como tratamento isolado para a SAHOS.

Assim, são necessários estudos prospetivos de maior duração para avaliar um resultado clínico a longo prazo e também estudos comparativos entre a utilização do robô no alargamento do espaço retro faríngeo e técnicas cirúrgicas mais convencionais.

Conclusão

Este artigo proporciona uma ideia geral sobre a história da cirurgia robótica e o funcionamento do sistema da Vinci, em particular na otorrinolaringologia.

Foi apenas no início do século XXI que o robô da Vinci começou a ser utilizado na cirurgia. Em poucos anos o número de publicações na literatura, relativamente à sua aplicabilidade cirúrgica, excedeu os 10.000 e, atualmente, tem utilização aprovada em áreas como a cirurgia geral, ginecologia, cirurgia cardíaca, urologia e ainda na otorrinolaringologia.

O sistema da Vinci funciona a partir de uma consola interativa, na qual o cirurgião controla os instrumentos cirúrgicos acoplados a braços robóticos. É a capacidade do robô em superar as limitações da laparoscopia e dos outros métodos convencionais que permite a constante evolução do sistema robótico. Atualmente, a imagem em 3D, o aumento da destreza e o conforto do cirurgião são das vantagens mais enumeradas, no entanto, é a possibilidade de melhores *outcomes* cirúrgicos que reforçam a popularidade do robô. Destes destacam-se os melhores resultados cosméticos, menor tempo de internamento e menor número de complicações pós-operatórias. Apesar destas potencialidades, ainda existe um longo caminho a percorrer para superar as limitações atuais do sistema cirúrgico. Desvantagens como o seu elevado custo, tempo de cirurgia superior, tamanho do sistema cirúrgico e dos seus instrumentos ou falta de *feedback* háptico continuam presentes, mas são apenas limitações relativas que, com o decorrer do tempo, serão ultrapassadas.

Relativamente à otorrinolaringologia, torna-se evidente que o fato da cirurgia robótica e dos seus instrumentos terem sido desenhados para cavidades espaçosas como o abdómen, torna difícil a adaptação a regiões como a cabeça e pescoço. No entanto, a persistência dos otorrinolaringologistas tem cimentado a sua utilização nesta área, maioritariamente, em patologia oncológica, e com excelentes resultados até à data. A cirurgia robótica é fazível na laringe, orofaringe hipofaringe e cavidade bucal, com resultados comparáveis e até mesmo superiores aos métodos convencionais. Na região tiroideia, as variantes da cirurgia robótica trazem resultados positivos, especialmente em *outcomes* estéticos e funcionais. Tenho ainda a destacar, os novos estudos publicados relativamente à utilização do robô na marcha diagnóstica de tumores da cabeça e pescoço de origem desconhecida, e ainda, a sua aplicação em patologias como a SAHOS onde se releva bastante promissor.

Apesar da literatura atual mostrar, principalmente, a aplicabilidade do robô num maior número de cirurgias, existem cada vez mais estudos focados nos *outcomes* oncológicos e funcionais da cirurgia robótica. No entanto, são necessárias mais publicações que permitam avaliar o custo-efetividade da cirurgia robótica comparativamente aos métodos convencionais e, estudos prospetivos de follow-up para se possuir resultados a longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor Doutor Óscar Dias e ao Dr. Marco Simão por toda a disponibilidade demonstrada durante a minha passagem pela otorrinolaringologia e pelo acompanhamento na realização deste trabalho final de mestrado. Gostaria de agradecer também a todo o instituto de ORL pelo seu trabalho árduo, porque sem uma equipa como esta não seria possível disponibilizar, aos alunos, oportunidades e temáticas de qualidade como a que me foi apresentada. Um agradecimento especial ao Professor Engenheiro Jorge Martins do Instituto Superior Técnico pelos esclarecimentos e visita guiada ao departamento de robótica.

Gostaria ainda de agradecer aos meus colegas e amigos pela ajuda e apoio ao longo destes 6 grandiosos anos de curso.

Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer à minha família, em especial à minha mãe, pelo apoio e presença constante não só no meu percurso académico, mas também na minha vida.

Referências Bibliográficas

- 1.Menon M, Tewari A, Baize B, Guillonneau B, Vallancien G. Prospective comparison of radical retropubic prostatectomy and robot-assisted anatomic prostatectomy: the Vattikuti Urology Institute experience. Urology. 2002; 60:864-8.
- 2.Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
<http://phx.corporate-ir.net/External.File?item=UGFyZW50SUQ9MzQzfENoaWxkSUQ9LTF8VHlwZT0z&t=1&cb=636138731544836621>. Consultado a 20 de dezembro de 2016.
- 3.Instituto ECRI website. Disponível a partir de:
https://www.ecri.org/Resources/ASG/Robotic_Surgery_Infographic_MS15369_web.pdf
Consultado a 12 de dezembro de 2016.
- 4.Hospital da Luz Lisboa website. Disponível a partir de:
<http://www.hospitaldaluz.pt/lisboa/pt/comunicacao/noticias/> Consultado a 2 de dezembro de 2016.
- 5.Hospital CUF Infante Santo website. Disponível a partir de:
<https://www.saudecuf.pt/infante-santo/o-hospital/noticias> Consultado a 2 de dezembro de 2016.
- 6.Weinstein GS, O'Malley BW Jr, Hockstein NG. Transoral robotic surgery: supraglottic laryngectomy in a canine model. Laryngoscope. 2005; 115(7):1315–9.

7. Taghirad HD. *Parallel Robots: Mechanics and Control*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis. 2013.
8. Kwah YS, Hou J, Jonckheere EA, et al. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1988; 35:153-161.
9. Davies B. A review of robotics in surgery. *Proc Inst Mech Eng.* 2000; 214:129–140.
10. Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2002; 12:6–16.
11. Gourin CG, Terris DJ. History of robotic surgery. In: Faust RA (ed) *Robotics in surgery: history, current and future applications*. Nova Science, New York (in press). 2006; ISBN 1-60021-386-1.
12. Gourin CG, Terris DJ. Surgical robotics in otolaryngology: expanding the technology envelope. *Curr Opin Otol Head Neck Surg.* 2004; 12(3):204–208.
13. Ballantyne GH. Robotic surgery, telerobotic surgery, telepresence, and telementoring. *Surg Endosc.* 2002; 12(1):6–16.
14. Sim HG, Yip SK, Cheng CW. Equipment and Technology in Surgical Robotics. *World J Urol.* 2006; 24: 128 – 35.
15. Pugin F, Bucher P, Morel P. History of robotic surgery: from AESOP and ZEUS to da Vinci. *J Visc Surg.* 2011; 148(5):3-8.
16. Rosheim ME. Leonardo's programmable automaton and lion. In: *Leonardo's Lost Robots*. Berlin: Springer-Verlag. 2006; 69–71.
17. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/. Consultado a 19 de novembro de 2016.
18. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
<http://www.intuitivesurgical.com/products/da-vinci-xi/>. Consultado a 20 de dezembro de 2016.
19. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg.* 2004; 239:14–21.

20. Yu HY, Hevelone ND, Lipsitz SR, Kowalczyk KJ, Hu JC. Use, costs and comparative effectiveness of robotic assisted, laparoscopic and open urological surgery. *J Urol*. 2012; 187:1392-8.
21. Mylonas GP, Darzi A, Yang GZ. Gaze-contingent control for minimally invasive robotic surgery. *Comput Aided Surg*. 2006; 11: 256-266.
22. Y. M. Dion and F. Gaillard, "Visual integration of data and basic motor skills under laparoscopy: influence of 2-D and 3-D video-camera systems," *Surgical Endoscopy*. 1997; 11(10):995–1000.
23. G. Lawson, N. Matar, M. Remacle, J. Jamart, and V. Bachy, "Transoral robotic surgery for the management of head and neck tumors: learning curve," *European Archives of Oto-Rhino- Laryngology*. 2011; 268(12):1795–1801.
24. Kumar R, Hemal AK. Emerging role of robotics in urology. *J Minim Access Surg*. 2005; 1: 202-210.
25. V. B. Kim, W. H. H. Chapman, R. J. Albrecht et al., "Early experience with telemanipulative robot-assisted laparoscopic cholecystectomy using da Vinci," *Surgical Laparoscopy, Endoscopy and Percutaneous Techniques*. 2002;12(1):33–40.
26. van der Schatte Olivier RH, Van't Hullenaar CD, Ruurda JP, Broeders IA. Ergonomics, user comfort, and performance in standard and robot-assisted laparoscopic surgery. *Surg Endosc*. 2009; 23:1365-1371.
27. R. Berguer and W. Smith, "An ergonomic comparison of robotic and laparoscopic technique: the influence of surgeon experience and task complexity," *Journal of Surgical Research*. 2006; 134(1):87–92.
28. J. Marescaux, J. Leroy, F. Rubino et al., "Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications," *Annals of Surgery*. 2002; 235(4):487–492.
29. Bach C, Miernik A, Schonthaler M. Training in robotics: The learning curve and contemporary concepts in training. *Arab J Urol*. 2013; 10:5-6.
30. Barbash GI, Glied SA. New technology health care costs– the case of robot-assisted surgery. *N Engl J Med*. 2010; 363:701-4.

31. Sarle R, Tewari A, Shrivastava A, et al. Surgical robotics and laparoscopic training drills. *J Endourol.* 2004; 18:63-66.
32. Jacobs S, Holzhey D, Strauss G, et al. The impact of haptic learning in telemanipulator-assisted surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2007; 17:402–406.
33. Hanly EJ, Marohn MR, Bachman SL, et al. Multiservice laparoscopic surgical training using the da Vinci surgical system. *Am J Surg.* 2004; 187:309–315.
34. Kaul S, Shah NL, Menon M. Learning curve using robotic surgery. *Curr Urol Rep.* 2006; 7:125–129.
35. Di Lorenzo N, Coscarella G, Faraci L, et al. Robotic systems and surgical education. *Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons.* 2005; 9:3–12.
36. Dunkin B, Adrales GL, Apelgren K, Mellinger JD. Surgical simulation: a current review. *Surg Endosc.* 2007; 21:357–366.
37. Moody L, Baber C, Arvanitis TN. Objective surgical performance evaluation based on haptic feedback. *Stud Health Technol Inform.* 2002; 85:304–310.
38. Bethea BT, Okamura AM, Kitagawa M, Fitton TP, Cattaneo SM, Gott VL, Baumgartner WA, Yuh DD. Application of haptic feedback to robotic surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2004; 14:191–195.
39. Heijnsdijk EAM, Padeloup A, van der Pijn AJ, Dankelman J, Gouma DJ. The influence of force feedback and visual feedback in grasping tissue laparoscopically. *Surg Endosc.* 2004; 18:980–985.
40. Picod G, Jambon AC, Vinatier D, Dubois P. What can the operator actually feel when performing a laparoscopy? *Surg Endosc.* 2005; 19:95–100.
41. Okamura A, Smaby N, Cutkosky M. An overview of dexterous manipulation. 2000; 1:255–262.
42. Morgan JA, Thornton BA, Peacock JC, Hollingsworth KW, Smith CR, Oz MC, et al. Does robotic technology make minimally invasive cardiac surgery too expensive? A hospital cost analysis of robotic and conventional techniques. *J Card Surg.* 2005; 20:246–51.
43. Steinberg PL, Merguerian PA, Bihrlle IW, Seigne JD. The cost of learning robotic-assisted prostatectomy. *Urology.* 2008; 72:1068–72.

44. Lai F, Entin E: Robotic surgery and the operating room team. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet.* 2005; 49:1070–1073.
45. Smith A, Smith J, Jayne DG: Telerobotics: surgery for the 21st century. *Surgery (Oxford).* 2006; 24:74–78.
46. Jayaraman S, Davies W, Schlachta C: Getting started with robotics in general surgery with cholecystectomy: the Canadian experience. *Can J Surg.* 2009; 52:374.
47. Herron D, Marohn M: Group TS-MRSC: a consensus document on robotic surgery. *Surg Endosc.* 2008; 22:313–325.
48. Kaushik D, High R, Clark CJ, et al. Malfunction of the da Vinci robotic system during robot-assisted laparoscopic prostatectomy: an international survey. *J Endourol.* 2010; 24: 571–575.
49. Nayyar R, Gupta NP. Critical appraisal of technical problems with robotic urological surgery. *BJU Int.* 2009; 105(12):1710–1713.
50. Lavery HJ, Thaly R, Albala D, et al. Robotic equipment malfunction during robotic prostatectomy: a multi-institutional study. *J Endourol.* 2008; 22:2165–2168.
51. Kim WT, Ham WS, Jeong W, et al. Failure and malfunction of da Vinci surgical systems during various robotic surgeries: experience from six departments at a single institute. *Urology.* 2009; 74(6):1234–1237.
52. Nguyen B, Nguyen A, Shih B, et al. Use of laparoscopy in general surgical operations at academic centers. *Surg Obes Relat Dis.* 2012.
53. I. K. McLeod and P. C. Melder, “Da Vinci robot-assisted excision of a vallecular cyst: a case report,” *Ear, Nose and Throat Journal.* 2005; 84(3):170–172.
54. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
<http://www.intuitivesurgical.com/products/indication-of-use.php>. Consultado a 22 de dezembro de 2016.
55. Hurtuk A, et al. Outcomes of transoral robotic surgery: a preliminary clinical experience. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011; 145(2):248-53.
56. Weinstein GS, et al. Transoral robotic surgery: supraglottic partial laryngectomy. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2007; 116(1):19-23.

57. Park YM, et al. Transoral robotic surgery (TORS) in laryngeal and hypopharyngeal cancer. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2009; 19(3):361-8.
58. Solares CA, Strome M. Transoral robot-assisted CO₂ laser supraglottic laryngectomy: experimental and clinical data. *Laryngoscope*. 2007; 117(5):817-20.
59. Desai SC, Sung CK, Jang DW, Genden EM. Transoral robotic surgery using a carbon dioxide flexible laser for tumors of the upper aerodigestive tract. *Laryngoscope*. 2008; 118(12):2187–2189.
60. Remacle M, Matar N, Lawson G, Bachy V, Delos M, Nollevaux MC. Combining a new CO₂ laser wave guide with transoral robotic surgery: a feasibility study on four patients with malignant tumors. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2012; 269(7):1833–1837.
61. Benazzo M, Canzi P, Occhini A. Transoral robotic surgery with laser for head and neck cancers: a feasibility study. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2012; 74(3):124–128.
62. Kucur C, Durmus K, Dziegielewski PT, Ozer E. Transoral robot- assisted carbon dioxide laser surgery for hypopharyngeal cancer. *Head Neck*. Epub. September 15, 2014.
63. Hockstein NG, Nolan JP, O'Malley BW, Jr, et al. Robotic microlaryngeal surgery: a technical feasibility study using the da Vinci surgical robot and an airway mannequin. *Laryngoscope*. 2005; 115:780.
64. Rahbar R, Ferrari LR, Borer JG, et al. Robotic surgery in the pediatric airway: application and safety. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007; 133:46.
65. Chaturvedi AK, Engels EA, Pfeiffer RM, et al. Human papillomavirus and rising oropharyngeal cancer incidence in the United States. *J Clin Oncol*. 2011; 29(32):4294-301.
66. Pignon JP, le Maitre A, Maillard E, Bourhis J. Meta-analysis of chemotherapy in head and neck cancer (MACH-NC): na update on 93 randomised trials and 17.346 patients. *Radiother Oncol*. 2009; 92(1):4-14.
67. Wilson JA, Carding PN, Patterson JM. Dysphagia after nonsurgical head and neck cancer treatment: patients's perspectives. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011; 145(5):767-771.
68. Bhayani MK, Hutcheson KA, Barringer DA, et al. Gastrostomy tube placement in patients with oropharyngeal carcinoma treated with radiotherapy or chemoradiotherapy: Factors affecting placement and dependence. *Head Neck*. 2013.

69. Genden EM, Kotz T, Tong CC, et al. Transoral robotic resection and reconstruction for head and neck cancer. *Laryngoscope*. 2011; 121(8):1668- 1674.
70. G. S. Weinstein, B. W. O'Malley Jr., M. A. Cohen, and H. Quon, "Transoral robotic surgery for advanced oropharyngeal carcinoma," *Archives of Otolaryngology—Head and Neck Surgery*. 2010; 136(11):1079–1085.
71. E. J. Moore, K. D. Olsen, and J. L. Kasperbauer, "Transoral robotic surgery for oropharyngeal squamous cell carcinoma: a prospective study of feasibility and functional outcomes," *Laryngoscope*. 2009; 119(11):2156–2164.
72. White HN, Moore EJ, Rosenthal EL, et al. Transoral robotic-assisted surgery for head and neck squamous cell carcinoma: one- and 2-year survival analysis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010; 136(12):1248-1252.
73. Park YM, Kim WS, Byeon HK, et al. Feasibility of transoral robotic hypopharyngectomy for early-stage hypopharyngeal carcinoma. *Oral Oncol*. 2010; 46(8):597-602.
74. Park YM, Kim WS, De Virgilio A, et al. Transoral robotic surgery for hypopharyngeal squamous cell carcinoma: 3-year oncologic and functional analysis. *Oral Oncol*. 2012; 48(6):560-566.
75. S.W. Kang, S. C. Lee, S. H. Lee et al., "Robotic thyroid surgery using a gasless, transaxillary approach and the da Vinci S system: the operative outcomes of 338 consecutive patients," *Surgery*. 2009; 146(6):1048–1055.
76. J. Lee, K. Y. Nah, R. M. Kim, Y. H. Ahn, E. Y. Soh, and W. Y. Chung, "Differences in postoperative outcomes, function, and cosmesis: open versus robotic thyroidectomy," *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*. 2010; 24(12):3186–3194.
77. K. Tae, Y. B. Ji, J. H. Jeong, S. H. Lee, M. A. Jeong, and C.W. Park, "Robotic thyroidectomy by a gasless unilateral axillobreast or axillary approach: our early experiences," *Surgical Endoscopy*. 2010; 25(1):221–228.
78. K. E. Lee, J. Rao, and Y. K. Youn, "Endoscopic thyroidectomy with the da vinci robot system using the bilateral axillary breast approach (BABA) technique: our initial experience," *Surgical Laparoscopy, Endoscopy and Percutaneous Techniques*. 2009; 19(3):71–75.
79. Singer MC, Terris DJ. Robotic facelift thyroidectomy. *Otolaryngol Clin North Am*. 2014; 47(3):425-431.

80. J. Lee, J. H. Yun, K. H. Nam, U. J. Choi, W. Y. Chung, and E. Y. Soh, "Perioperative clinical outcomes after robotic thyroidectomy for thyroid carcinoma: a multicenter study," *Surgical Endoscopy*. 2010; 25(3):906–912.
81. Mehta V, Johnson P, Tassler A, et al. A new paradigm for the diagnosis and management of unknown primary tumors of the head and neck: a role for transoral robotic surgery. *Laryngoscope*. 2013; 123(1):146-151.
82. Durmus K, Rangarajan SV, Old MO, et al. Transoral robotic approach to carcinoma of unknown primary. *Head Neck*. 2014; 36(6):848-852.
83. Graboyes EM, Sinha P, Thorstad WL, et al. Management of human papillomavirus related unknown primaries of the head and neck with a transoral surgical approach. *Head Neck*. 2014.
84. Patel SA, Magnuson JS, Holsinger FC, et al. Robotic surgery for primary head and neck squamous cell carcinoma of unknown site. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013; 139(11):1203-1211.
85. Weaver TE, Grunstein RR. Adherence to continuous positive airway pressure therapy: the challenge to effective treatment. *Proc Am Thorac Soc*. 2008; 5(2):173–178.
86. Campos-Rodriguez F, Peña-Griñan N, Reyes-Nuñez N, et al. Mortality in obstructive sleep apnea-hypopnea patients treated with positive airway pressure. *Chest*. 2005; 128(2):624–633.
87. Ravesloot MJ, de Vries N. One hundred consecutive patients undergoing drug-induced sleep endoscopy: results and evaluation. *Laryngoscope*. 2011; 121(12):2710–2716.
88. Vroegop AV, Vanderveken OM, Boudewyns AN, et al. Drug-induced sleep endoscopy in sleep-disordered breathing: report on 1,249 cases. *Laryngoscope*. 2014; 124(3):797–802.
89. Kezirian EJ, Goldberg AN. Hypopharyngeal surgery in obstructive sleep apnea: an evidence-based medicine review. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2006; 132(2):206–213.
90. C. Vicini, I. Dallan, P. Canzi, S. Frassinetti, M. G. La Pietra, and F. Montevercchi, "Transoral robotic tongue base resection in obstructive sleep apnoea-hypopnoea syndrome: a preliminary report," *ORL*. 2010; 72(1):22–27.
91. C. Vicini, I. Dallan, P. Canzi et al., "Transoral robotic surgery of the tongue base in Obstructive Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome: anatomic considerations and clinical experience," *Head and Neck*. 2012; 34(1):15–22.

92. Toh, S.-T., Rangabashyam, M., & Huang, W. et al. State of the art transoral robotic surgery for obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome. *Robotic Surgery: Research and Reviews*. 2016.
93. Lee J, Chung WY. Robotic Surgery for Thyroid Disease. *European Thyroid Journal*. 2013; 2(2):93-101.
94. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/company/media/images/instruments/da_Vinci_surgery_evolution_135_pixels.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.
95. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/company/media/images/systems-si/Si_0039_Top_down_Surgeon_Console_sm.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.
96. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si/surgeon-control.html. Consultado a 29 dezembro de 2016.
97. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si/control-comfort_visual-resolution.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.
98. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/company/media/images/instruments/12mm_and_8_5mm_endoscope_tip_135%20pixels.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.
99. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
<http://intuitivesurgical.com/products/da-vinci-xi/xi-images/xi-patient-cart.jpg>. Consultado a 29 dezembro de 2016.
100. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/company/media/images/instruments/Instrument_array_fan_135_pixel.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.
101. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
<http://intuitivesurgical.com/products/da-vinci-xi/xi-images/crystal-clear-3D-HD-vision.jpg>. Consultado a 29 dezembro de 2016.
102. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:
http://intuitivesurgical.com/company/media/images/instruments/OR_Setup_General_135pixels.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.

103. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:

http://intuitivesurgical.com/company/media/images/instruments/hand_and_instrument_articulation_thumb.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.

104. Intuitive Surgical website. Disponível a partir de:

http://www.audetlaw.com/images/uploadspage/da_vinci_robot_simulator.jpg. Consultado a 29 dezembro de 2016.

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens da Cirurgia robótica comparativamente à cirurgia aberta (OT) e Endoscópica (ET). (adaptada de [93])

	RT	versus	OT	RT	versus	ET
Oncologic outcomes	RT	Similar to	OT	RT	Better than	ET
Complications rate	RT	Similar to	OT	RT	Similar to	ET
Operation time	RT	Worse than	OT	RT	Better than	ET
Cost	RT	Worse than	OT	RT	Worse than	ET
Morbidity	RT	Similar to	OT	RT	Similar to or better than	ET
Cosmetic satisfaction	RT	Much better than	OT	RT	No data available	ET
Pain	RT	Similar to or better than	OT	RT	No data available	ET
Neck discomfort	RT	Better than	OT	RT	No data available	ET
Swallowing discomfort	RT	Similar to or better than	OT	RT	No data available	ET
Voice change	RT	Similar to or better than	OT	RT	No data available	ET
Learning curve	RT	No data available	OT	RT	Better than	ET
Surgeon's ergonomic consideration	RT	Better than	OT	RT	Much better than	ET
RT = Robotic thyroidectomy; OT = open thyroidectomy; ET = endoscopic thyroidectomy						



Figura 1 – Sistema cirúrgico robótico da Vinci Xi-HD, com duas consolas de cirurgião e respectivos cirurgiões; uma enfermeira junto ao paciente; uma mesa giratória com quatro braços robóticos e uma torre com monitor (adaptada de [94]).



Figura 2 – Consola de cirurgião do sistema cirúrgico da Vinci Xi-HD, que apresenta vários ajustes ergonómicos, permitindo que os cirurgiões personalizem quatro parâmetros diferentes para maior conforto durante os procedimentos cirúrgicos (adaptada de [95]).



Figura 3 –Manípulos (esquerda) que permitem um controlo preciso dos instrumentos e ajustes contínuos dos movimentos. Paineis de pedal (Direita) que permite que o cirurgião executar uma infinidade de tarefas, como trocar entre diferentes tipos de instrumentos. (adaptada de [96]).



Figura 4 - Visualização tridimensional fornecida pelo *Insite Visual System*TM, que permite ao cirurgião ver estruturas anatômicas em alta definição e cores naturais até 10 vezes de ampliação. (adaptada de [97])



Figura 5 – Endoscópios de 12 e 8,5 mm (adaptada de [98])



Figura 6 - Plataforma giratória com quatro braços robóticos que obedecem os comandos do cirurgião (adaptada de [99]).



Figura 7 - Exemplos de instrumentos cirúrgicos da Vinci (adaptada de [100])



Figura 8 – Torre com monitor de grande visão disponível para toda a equipa, que permite uma ampla perspectiva e visualização do procedimento (adaptada de [101]).

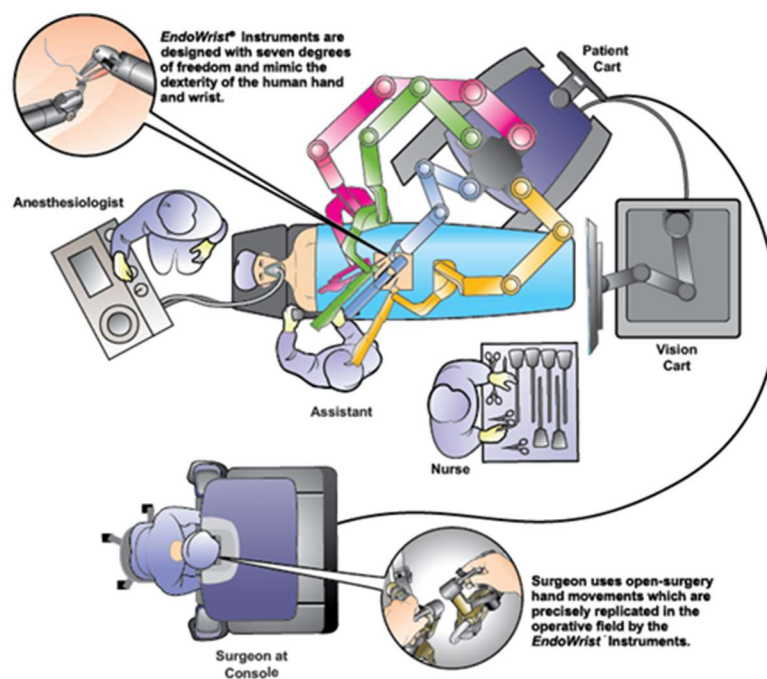


Figura 9 - Esquema do bloco operatório integrando o Sistema Da Vinci (adaptada de [102])



Figura 10 – Sistema *Endowrist* – 7 degrees of freedom (adaptada de [103])



Figura 11 – Simulador da Vinci que permite formação da técnica cirúrgica (adaptada de [104])

